

# PTM-auton mittaaman megakarkeuden soveltuvuus päällysteen tasaisuuden arviointiin



Tielaitoksen  
selvityksiä

93/1995

Helsinki 1995

Kehittämiskeskus

Tielaitoksen selvityksiä  
93/1995

Vesa Laitinen, Antero Laajanen

**PTM-auton mittaaman megakarkeuden  
soveltuvuus päällysteen tasaisuuden  
arviointiin**

**Tielaitos**  
Kehittämiskeskus

Helsinki 1995

ISSN 0788-3722  
ISBN 951-726-174-8  
TIEL 3200368  
Oy Edita Ab  
Helsinki 1996

Julkaisun kustannus ja myynti:  
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,  
painotuotepalvelut  
Telefax (90) 1487 2652

Joutsenmerkin arvoinen paperi

**Tielaitos**  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puh. vaihde (90) 148 721

## TIIVISTELMÄ

Uusien päällysteiden pinnan pituussuuntaisen tasaisuuden laadunarvostelu on jo useita vuosia Tielaitoksella hoidettu Palvelutasomittarilla tehtyjen mittausten avulla. Tasaisuuden arvostelussa on käytetty kahta tunnuslukua: IRI4 ja poikkeamaindeksi (PI). IRI4 kuvaa pituussuuntaista epätasaisuutta, jonka aallonpituus on 0,6 - 4 m. Poikkeamaindeksi on kehitetty kuvaamaan lyhytaaltoisempaa epätasaisuutta.

Poikkeamaindeksi ei kuitenkaan kuvaa vain lyhytaaltoista epätasaisuutta, vaan siihen vaikuttavat myös pidemmät aallot. Tästä syystä ryhdyttiin määrittelemään uutta tunnuslukua (megakarkeus) tätä varten. Megakarkeus kuvaa epätasaisuutta, jonka aallonpituus on 5 - 50 cm.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin megakarkeuden soveltuvuutta päällysteen lyhytaaltoisen pituussuuntaisen epätasaisuuden määrittämiseen. Selvitystä varten mitattiin vuosina 1994 ja 1995 yhteensä yli 2.000 km uusien päällysteiden tasaisuutta. Tälle aineistolle tehtiin tilastollisia tarkasteluja. Lisäksi järjestettiin ajopaneeli, jonka avulla selvitettiin, miten autoilijat todellisuudessa tuntevat erilaiset megakarkeusarvot.

Tilastollisten tarkastelujen perusteella pystyttiin määrittelemään kullekin päällystetyypille ominainen megakarkeusarvo. Ajopaneelin avulla saatiin määritettyä se megakarkeuden raja-arvo, joka aiheuttaa tiellä liikkujalle epämiellyttäviä tuntemuksia. Nämä tulokset ovat sen verran selkeät, että megakarkeuden käyttöönottoa uusien päällysteiden lyhytaaltoisen pituussuuntaisen tasaisuuden laadunarvosteluun voidaan suositella.

Tässä tutkimuksessa esitetään suositukset sallitun megakarkeuden raja-arvoille eri päällystetyypeillä. Lisäksi tehdään ehdotus sovellettaviksi arvomuutosperusteiksi tapauksissa, joissa vaatimus ei täyty.



**Keywords** Evenness, Road surfaces, asphalt, quality control, quality requirements

## ABSTRACT

The quality control of the longitudinal evenness of new pavements have been done for years in Finland by using the Road Surface Monitoring System (PTM). Two different parameters have been used: IRI4-value and deviation index (PI). IRI4-value describes the unevenness with wavelength between 0,6 and 4 metres. The deviation index has been developed to describe the unevenness shorter than that.

The problem is that the deviation index does not describe only the unevenness of short waves but also wavelengths up to 10 metres. Because of that there was a need to develop a new index (megatexture) for short waves. Megatexture describes the unevenness, which wavelength is between 5 and 50 cm.

The aim of this research work was to find out if the megatexture is a suitable index to describe the unevenness of short waves. During years 1994 and 1995 the evenness of new pavements has been measured more than 2,000 km.

By using statistical methods it was possible to calculate the average macro texture value for different mixture types. By user perception study (drivers made a rating and gave grades to different roads based on driving comfort they feel) it was possible to detect the limit of megatexture after which the driver feels uncomfortable during driving. The results of this research were so encouraging that it is possible to begin to use megatexture as a criteria for the short wave longitudinal evenness.

In this report is made a proposal for the criteria of megatexture values on different mixture types. Also in this report is expressed a proposal for principles of decrease in value in cases where the acceptable limits are exceeded.

## ALKUSANAT

Tässä tutkimuksessa selvitettiin VTT:n kehittämän palvelutasomittausauton (PTM) mittaaman megakarkeus-tunnusluvun soveltuvuutta päällysteen pituussuuntaisen lyhytaaltoisen epätasaisuuden määrittämiseen.

Tutkimuksen on tilannut tielaitos ja yhdyshenkilöinä ovat toimineet tieinsinööri Mats Reihe ja insinööri Kalevi Toikkanen. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen Yhdyskuntatekniikan tutkimusyksikössä tutkimuksesta on vastannut erikoistutkija Vesa Laitinen, joka on myös laatinut tämän tutkimusraportin. Tutkimustulosten käsittelyssä on avustanut ATK-suunnittelija Antero Laajanen. Kenttämittaukset VTT:n palvelutasomittausautolla ovat tehneet tutkimusavustajat Göran Huldin ja Tapio Jousinen. Ajopaneeliin osallistuivat Göran Huldin, Hannu Jokela, Seppo Koivisto, Antero Laajanen, Vesa Laitinen ja Jorma Salonen VTT:ltä.

Helsingissä joulukuussa 1995

*Tielaitos  
Kehittämiskeskus*

---

## SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT	5
1 JOHDANTO	9
2 PTM-AUTON TOIMINTA JA MEGAKARKEUDEN MÄÄRITTELY SEKÄ MITTAAMINEN	11
3 MEGAKARKEUSMITTAUKSET	13
4 AJOPANEELIN TULOKSET	16
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	18
6 KIRJALLISUUSLUETTELO	21
7 LIITELUETTELO	22

## 1 JOHDANTO

Uusien päällysteiden pinnan pituussuuntaisen tasaisuuden laadunarvostelu on jo useita vuosia Tielaitoksella hoidettu Palvelutasomittarilla tehtyjen mitausten avulla. Tasaisuuden arvostelussa on käytetty kahta tunnuslukua: IRI4 ja poikkeamaindeksi (PI). Taulukossa 1 on esitetty tämän hetkiset pituussuuntaiset tasaisuusvaatimukset. IRI4 kuvaa pituussuuntaista epätasaisuutta, jonka aallonpituus on 0,6 - 4 m. Poikkeamaindeksi on kehitetty kuvaamaan lyhytaaltoisempaa epätasaisuutta. PI:n laskentaperiaatteista johtuen tähän tunnuslukuun vaikuttavat lyhyiden aaltojen myös pitempiaaltoiset epätasaisuudet aina 10 metriin saakka. Näin ollen poikkeamaindeksi saattaa joissakin tapauksissa kuvata lähes samaa asiaa kuin IRI4 (korrelaatio korkea). Tosin toki myös lyhyet aallot vaikuttavat PI-arvoon.

*Taulukko 1. Uuden päällysteen tasaisuusvaatimukset pituussuunnassa.*

	Suurin sallittu epätasaisuus					
	Mo- ja Mol-tiet		Muut 2-ajorataiset ja valta- ja kantatiet		Muut yleiset tiet	
	IRI4 mm/m	Poikkeama- indeksi	IRI4 mm/m	Poikkeama- indeksi	IRI4 mm/m	Poikkeama- indeksi
AB, SMA, AA, VA	1,0	3,0	1,1	3,5	1,2	4,0
EA	1,0	3,0	1,3	5,0	1,4	6,0
ABK	1,3	5,0	1,4	6,0	1,5	7,0
PAB-B			1,1	4,0	1,2	5,0
PAB-V, PAB-O			1,3	7,0	1,4	9,0
SOP					2,5	40,0

Koska poikkeamaindeksi ei kuvaa vain lyhytaaltoista epätasaisuutta riittävän hyvin, ryhdyttiin kehittämään uutta tunnuslukua tätä varten. Korvaavana mahdollisuutena on megakarkeus. Megakarkeus kuvaa epätasaisuutta, jonka aallonpituus on 5 - 50 cm.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin megakarkeuden soveltuvuutta päällysteen lyhytaaltoisen pituussuuntaisen epätasaisuuden määrittämiseen. Selvitystä varten mitattiin vuosina 1994 ja 1995 lähinnä Kaakkois-Suomen tiepiirissä yhteensä yli 2.000 km uusien päällysteiden tasaisuutta. Lisäksi muutamia kohteita mitattiin myös muualla Suomessa. Näillä erillismittauksilla haettiin kohteita, joissa tiedettiin olevan lyhytaaltoista epätasaisuutta. Mittaustuloksille tehtiin tilastomatemattisia tarkasteluja. Tarkasteluun otettiin mukaan seuraavat tunnusluvut, IRI, IRI4, poikkeamaindeksi sekä megakarkeus. Tunnuslukuja tarkasteltiin päällystetyypeittäin jaoteltuina, jotta saatiin selvitettyä kullekin päällystetyypille ominainen megakarkeusarvo. Megakarkeuden hajonnoista ja jakautumista määriteltiin karkealla tasolla hyväksyttävät megakarkeusarvot eri päällystetyypeillä.



Tilastomatemattisten tarkastelujen lisäksi järjestettiin ajopaneeli, jonka avulla pyrittiin määrittämään tarkemmin sallitut raja-arvot. Ajopaneeliin osallistui yhteensä 6 ihmistä ja 2 erilaista autoa. Tilastollisten tarkastelujen perusteella haettiin 16 kpl kohteita, joissa megakarkeus oli vaihtelevalla tasolla. Koekohteiden kokonaispituus vaihteli. Nämä kohteet kukin ajopaneeliin osallistuja ajoi läpi ja antoi tasaisuudelle arvosanan (1-5) sekä lisäksi sanallisen kuvauksen siitä, tuntuiko ajettaessa kiusallista tärinää. Näiden ajopaneelitulosten sekä tilastollisten tarkastelujen perusteella laadittiin raja-arvoesitykset sallituille megakarkeusarvoille eri päällystetyypeille. Raja-arvot asetettiin ainoastaan eri päällystetyypeille, ei eri tieluokille, koska tieluokka ei vaikuta lyhytaaltoiseen epätasaisuuteen ja se tuntuu epämukavalta jo alhaisissakin nopeuksissa.

## 2 PTM-AUTON TOIMINTA JA MEGAKARKEUDEN MÄÄRITTELY SEKÄ MITTAAMINEN

Palvelutasomittausauto (PTM) on suunniteltu ja rakennettu monipuoliseksi päällysteen eri ominaisuuksia mittaavaksi ajoneuvoksi. Sillä voidaan mitata tien urien syvyydet sekä kerätä tietoa tiellä olevista vaurioista. Urien syvyydet mitataan auton edessä olevaan palkkiin asennettujen ultraääniantureiden avulla. Samoin voidaan mitata tien pituussuuntaista tasaisuutta eli ns. IRI-arvoa ja siitä kehitettyä IRI4-arvoa sekä poikkeamaindeksiä. Tämä mittaus tehdään laser-etäisyysmittarin ja kiihtyvyysanturin avulla. Mittaukset voidaan tehdä luotettavasti muun liikenteen käyttämillä nopeuksilla 40 - 90 km/h ja tulokset ovat nopeudesta riippumattomia. Auton on suunnitellut ja rakentanut VTT:n tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio yhdessä VTT:n instrumentti-tekniikan laboratorion kanssa.

Ura- ja poikkiprofiili- sekä tasaisuusmittauksen lisäksi autolla voidaan mitata dynaamista rasitusindeksiä (DRI), tien geometriaa sekä makro- ja megakarkeutta. Dynaaminen rasitusindeksi kuvaa raskaan liikenteen tielle aiheuttamia rasituksia. Tien geometriamittaus sisältää sivu- ja pituuskaltevuuden sekä kaarresäteen mittauksen kahden gyroskoopin ja kahden kaltevuusanturin avulla.

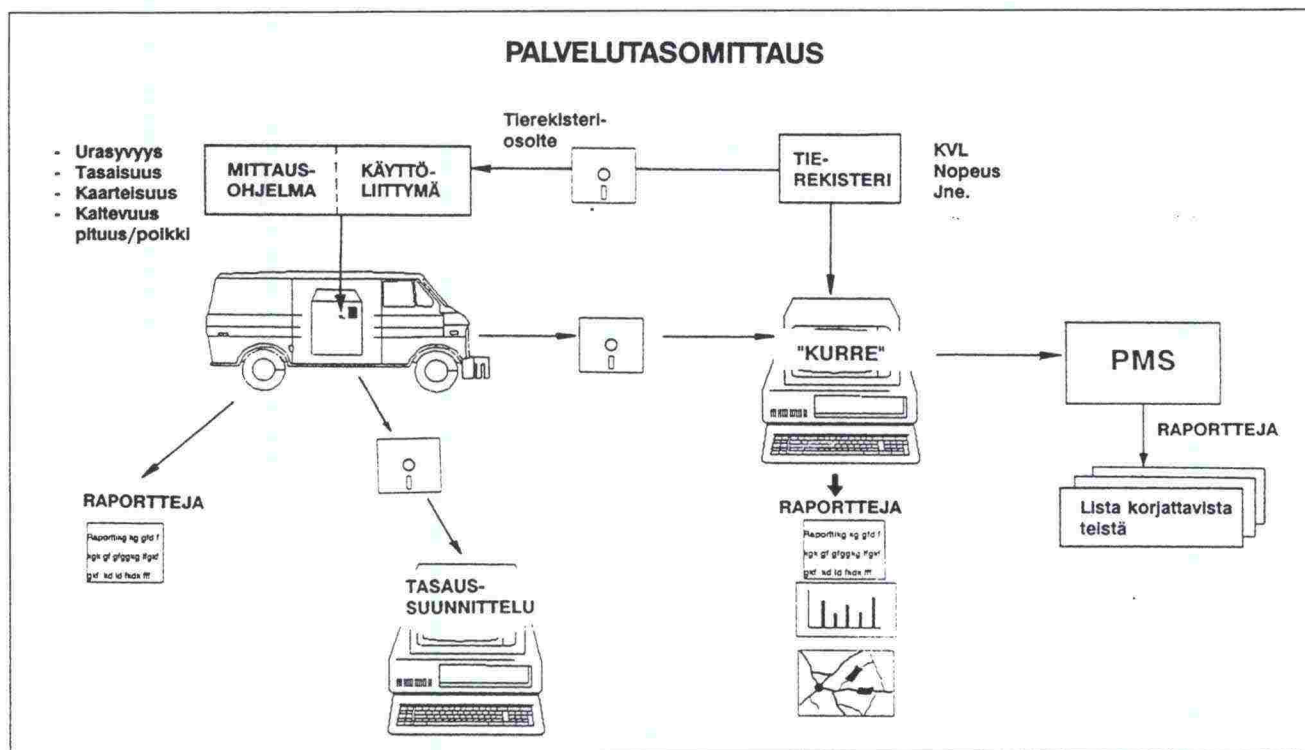
Megakarkeudella tarkoitetaan päällysteen pinnassa olevaa aallonpituudeltaan  $l = 5 - 50 \text{ cm}$  ( $0,05 - 0,5 \text{ m}$ ) epätasaisuutta.

Megakarkeus lasketaan erillisellä analogiakortilla suoraan laser-etäisyysmittarin signaalista. Analoginen laskenta tarkoittaa sitä, että suotimet ja muut laskennat tehdään analogisilla mikropiireillä ja vastuksilla, ei siis digitaalisella tietokoneohjelmalla. Koska tutkittavalla aallonpituusalueella auton korin liikkeillä ei ole merkitystä, voidaan kiihtyvyysanturin signaali jättää tässä tapauksessa huomioimatta. Korin ominaistaajuus on luokkaa 1 - 25 Hz, joka vastaa 80 km/h nopeudella lyhyimmillään noin 0,9 metrin aallonpituutta.

Laser-etäisyysmittarin signaali suodatetaan halutulle aallonpituusalueelle. Suodatin toimii siten, että se ottaa huomioon ajonopeuden ja muuttaa rajataajuuksia nopeuden mukaan. PTM-auton laser toimii 16 kHz:n taajuudella mutta, koska laserin liitäntäkortti rajoittaa suurimmaksi taajuudeksi 2 kHz, ei nykyisellä laitteistolla päästä alle 10 mm havaintoväliin.

Suodatetusta laser-signaalista lasketaan tien karkeuden tehollisarvo eli RMS. Tämä arvo kuvaa parhaiten ei-sinimuotoista signaalia. RMS-arvo lasketaan siten, että karkeussignaali neliöidään, sen jälkeen siitä lasketaan eräänlainen liukuva keskiarvo, jonka jälkeen keskiarvosta otetaan edelleen neliöjuuri. Tämä liukuva keskiarvo saadaan siten, että neliöity RMS-signaali suodatetaan 2 Hz alipäästösuotimella. Tämä suodin saa aikaan sen, että hetkelliseen RMS-arvoon vaikuttaa edellisen noin 10 m matkalla saatu arvo.

Alipäästösuodatettu RMS-signaali viedään PC:lle. Megakarkeusarvo tallennetaan 100 metrin välein kuten muutkin tasaisuuden tunnusluvut. Megakarkeuden yksikkö on mm.



Kuva 1. VTT:n palvelutasomittarin (PTM-auto) mittausjärjestelmä.



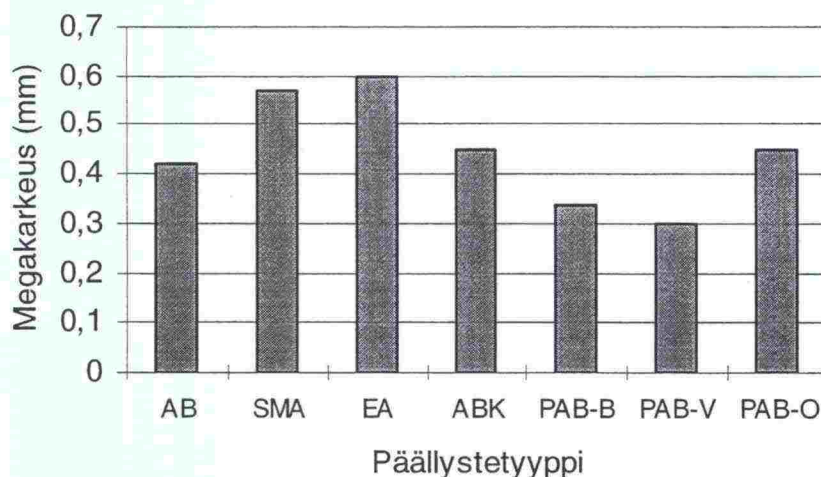
### 3 MEGAKARKEUSMITTAUKSET

Megakarkeusmittauksia tehtiin erityyppisillä uusilla päällysteillä sekä eri tieluokilla. Samalla mitattiin myös IRI-, IRI4- ja poikkeamaindeksiarvot. Pääosa mittauksista tehtiin Kaakkois-Suomen tiepiirissä vuosina 1994 ja 1995. Mittauskilometrejä kertyi kaikkiaan 2.036 km.

Taulukossa 2 on esitetty mittauskilometrimäärät, keskiarvotulokset ja keskihajonnat päällystetyypeittäin jaoiteltuina. Kuvassa 2 on keskiarvot esitetty graafisessa muodossa. Taulukossa 3 tulokset on esitetty tieluokittain jaoiteltuina.

*Taulukko 2. Megakarkeus eri päällystetyypeillä.*

Päällystetyyppi	Km	Keskiarvo (mm)	Keskihajonta (mm)
AB	884,3	0,42	0,20
SMA	116,7	0,57	0,10
EA	251,3	0,60	0,17
ABK	9,2	0,45	0,12
PAB-B	344,1	0,34	0,09
PAB-V	335,3	0,30	0,07
PAB-O	95,2	0,45	0,12



*Kuva 2. Megakarkeus eri päällystetyypeillä.*

*Taulukko 3. Megakarkeus eri tieluokilla.*

Tieluokka	Km	Keskiarvo (mm)	Keskihajonta (mm)
Mo- ja Mol-tiet	90,6	0,56	0,13
Valtatiet	918,9	0,47	0,21
Kantatiet	125,3	0,37	0,10
Muut yleiset tiet	901,3	0,36	0,14



SMA- ja EA-päällysteillä on selvästi muita päällystetyyppejä korkeampi megakarkeusarvo. Tämä selittyy näiden avoimuudella. PAB-V- ja PAB-B-päällysteillä megakarkeus sen sijaan on kesiarvo alhaisempi. Tämän tuloksen perusteella päällysteet voidaan luokitella kahteen tai kolmeen eri luokkaan, joille asetetaan omat vaatimusrajansa. Luokkaan 1 kuuluvat SMA ja EA, luokkaan 2 AB, ABK sekä luokkaan 3 PAB-V, PAB-B ja PAB-O. Toisena mahdollisuutena on käyttää vain kahta luokkaa, jolloin PAB-päällysteet ovat omassa luokassaan ja muut päällysteet omassaan.

Ylemmillä tieluokilla megakarkeusarvo on alhaisempia tieluokkia korkeampi. Tämä johtuu ylempiluokkaisilla teillä käytetyistä päällystetyypeistä (SMA, EA). Kaiken kaikkiaan yhtään todella pahasti epäonnistunutta eli epätasaista kohdetta mittausaineistossa ei ollut.

Korrelaatio megakarkeuden ja muiden tasaisuuden tunnuslukujen (IRI, IRI4 ja PI) on erittäin alhainen eli ne eivät kuvaa samaa asiaa. Taulukossa 4 on esitetty eri muuttujien väliset korrelaatiot. Muiden tunnuslukujen välinen korrelaatio on selvästi suurempi. Liitteessä 1 on esitetty päällystetyypeittäin tasaisuuden eri tunnuslukujen (IRI, IRI4, PI ja megakarkeus) keskiarvot ja keskihajonnat.

*Taulukko 4. Tasaisuuden eri muuttujien väliset korrelaatiot.*

Tunnusluku	IRI	IRI4	Poikkeama- indeksi
IRI4	0,67		
PI	0,52	0,66	
Megakarkeus	-0,11	0,10	0,09

Taulukossa 5 on esitetty nykyisin voimassa olevien laadunarvostelukriteerien perusteella tapahtuneet raja-arvojen ylitysosuudet sekä IRI4:n että poikkeamaindeksin osalla. Kaikkiaan ylityksiä IRI4:n osalla oli 9,0 % ja poikkeamaindeksin osalla 1,7 %.

*Taulukko 5. IRI4:n ja poikkeamaindeksin raja-arvojen ylitykset nykyisten laadunarvosteluperusteiden mukaan.*

Päällystetyyppi	IRI4:n ylitykset (%)	Poikkeamaindeksin ylitykset (%)
AB	7,4	2,5
SMA	2,7	2,2
EA	10,7	0,7
ABK	6,5	1,1
PAB-B	8,8	1,3
PAB-V	14,7	0,8
PAB-O	6,9	0,6

Taulukossa 6 on esitetty ne megakarkeuden arvot, joita pienempiä on 95 % ja 99 % kullakin päällystetyypillä. Liitteessä 2 on esitetty megakarkeusarvojen jakautumat päällystetyypeittäin.

*Taulukko 6. Megakarkeuden raja-arvot 95 % ja 99 % eri päällystetyypeillä.*

Päällystetyyppi	95 %	99 %
AB	0,86	1,05
SMA	0,75	0,82
EA	0,88	1,04
ABK	0,78	0,86
PAB-B	0,50	0,55
PAB-V	0,43	0,49
PAB-O	0,66	0,73

## 4 AJOPANEELIN TULOKSET

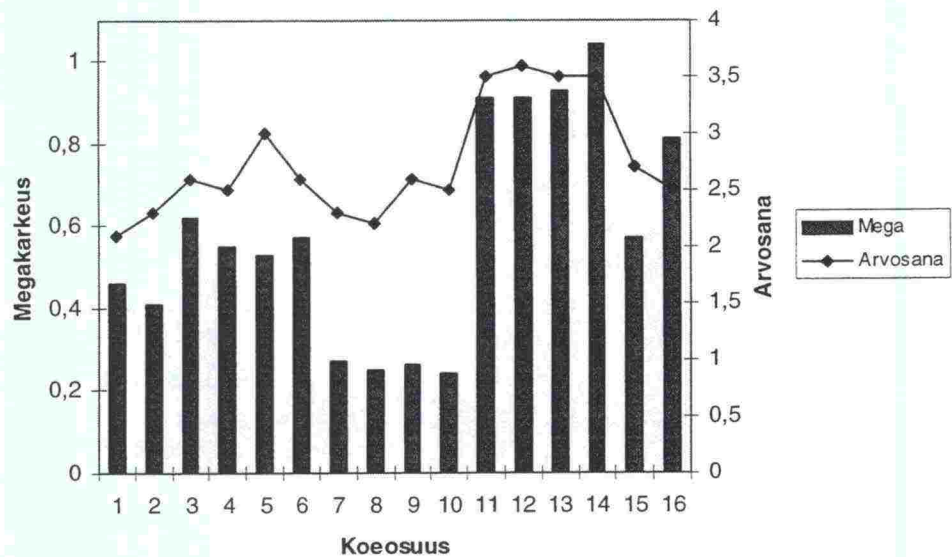
Ajopaneeliin osallistui kaikkiaan 6 henkilöä, jotka käyttivät kahta erilaista henkilöautoa (Lancia ja Volvo). Paneelajot tehtiin joulukuussa 1995. Taulukossa 7 on esitetty pituuksineen ja megakarkeusarvoineen ne kohteet, joilla ajopaneeli tehtiin sekä annettujen arvosanojen keskiarvot. Kuvassa 3 tulokset on esitetty graafisessa muodossa. Koekohteiksi valittiin teitä, joilla tiedettiin olevan lyhytaaltoista epätasaisuutta sekä sen lisäksi kohteita, joiden megakarkeusarvo oli korkea. Mukana oli vertailuna myös neljä kohdetta, joiden megakarkeusarvo oli alhainen sekä muutamia kohteita, joiden megakarkeusarvo oli näiden välissä. Liitteessä 3 on esitetty ajopaneelin tulokset kohteittain yhden kilometrin osuuksina verrattuna eri arvioitsijoiden arvosanakeskiarvoihin. Megakarkeusarvojen ja annettujen arvosanakeskiarvojen välinen korrelaatio oli 0,72, joten yhteys arvioinnin ja mittausten välillä on kohtuullinen. Kaikkiaan ajopaneelissa oli mukana noin 85 km:n pituudelta tietä.

Taulukko 7. Ajopaneelin tulokset.

Kohde tie/tieosa/suunta	Pituus (km)	Megakarkeus/ hajonta (mm)	Arvosanakeski- arvo
6/216/1	2	0,46/0,12	2,1
6/216/2	3	0,41/0,06	2,3
6/304/1	7	0,62/0,09	2,6
6/305/1	1	0,55/0,08	2,5
6/306/1	7	0,53/0,07	3,0
6/307/1	7	0,57/0,10	2,6
6/311/1	4	0,27/0,03	2,3
6/311/2	4	0,25/0,03	2,2
7/36/1	8	0,26/0,07	2,6
7/36/2	8	0,24/0,07	2,5
12/29/1	7	0,91/0,06	3,5
12/29/2	7	0,91/0,05	3,6
12/30/1	4	0,93/0,06	3,5
12/30/2	4	1,04/0,06	3,5
15/4/1	6	0,57/0,08	2,7
15/4/2	6	0,81/0,28	2,5

Arvioitsijoiden arvosteluasteikolla vasta yli kolmen oleva arvosana tarkoitti sellaista epätasaisuutta, joka tuntui häiritsevältä. Näin ollen arviointien mukaan häiritsevää epätasaisuutta oli vasta, kun megakarkeuden arvo oli 0,8 mm tai sitä suurempi. Tällöinkään epämukavuuden tunne ei ollut vielä kovin suuri, mikä on syytä ottaa huomioon vaatimusrajoja asetettaessa. Tuloksissa poikkeava oli oikeastaan ainoastaan yksi kohde: 15/4/2. Tällä kohteella megakarkeuden keskiarvo oli 0,81 mm, mutta ajopaneelin arvosanakeskiarvo

vain 2,5. Kohteella 12, jolla oli korkea megakarkeusarvo sekä korkea ajopaneeliarvosana, kuului eräiden arvioitsijoiden mielestä autossa myös häiritsevää ääntä. Megakarkeuden keskihajonta kohteella oli kuitenkin suuri 0,28 mm. Tässä tapauksessa kohteella oli sekä huonoja että hyviä kohtia. Autoilija ei näin ollen nähtävästi koe epämiellyttäväksi lyhyttä epätasaista jaksoa, jos muuten tien on tasainen. Tästä syystä annetut arvosanatkin olivat hyviä. Arvosananahan annettiin aina 1 km:n jaksolle ei 100 metrille kuten megakarkeusarvo mitattaessa saadaan.



Kuva 3. Ajopaneelin tulokset verrattuna megakarkeusarvoihin.



## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Megakarkeus kuvaa sekä lyhytaaltoista epätasaisuutta että osittain myös päällysteen pinnassa olevia muita pienempiä vaurioita. Sallittuja raja-arvoja määritettäessä on otettu huomioon sekä tilastolliset tarkastelut että ajopaneelin tulokset. Raja-arvoja ei ole syytä asettaa kovin tiukoiksi, koska vaikka megakarkeusarvo oli 0,8 mm, ei ajomukavuus ollut arvioitsijoiden mielestä vielä kovin huono.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella megakarkeusarvo voidaan ottaa käyttöön päällysteen lyhytaaltoisen epätasaisuuden arvostelussa. Samalla voidaan toistaiseksi käytössä ollut poikkeamaindeksi poistaa käytöstä. IRI4 on syytä pitää käytössä kuten ennenkin. Kuitenkin tilanteissa, joissa urakoitsija vastaa koko tierakenteesta, voisi olla syytä siirtyä käyttämään IRI-arvoa.

Laatuvaatimusluokituksessa SMA-ja EA-päällysteiden vaatimusrajat on asetettu samaksi kuin AB:n ja ABK:n, vaikka niiden tyypillinen megakarkeusarvo onkin korkeampi. Tämä johtuu siitä, että näitä päällysteitä käytetään tyypillisesti kohteissa, joissa on korkea toiminnallinen vaatimus. Kaikki PAB-päällysteet on asetettu myös samaan luokkaan, vaikka PAB-O:n keskimääräinen karkeus onkin hieman muita korkeampi. PAB-O:lle ei katsottu kuitenkaan olevan syytä asettaa omaa luokkaa, onhan se lähiaikoina käytännössä käytöstä poistuva päällyste. Pehmeillä asfalttobetoneilla vaatimusraja voisi olla 0,70 mm ja muilla päällysteillä 0,80 - 0,85 mm. Esitys megakarkeuden sallituiksi raja-arvoiksi on esitetty taulukossa 8.

*Taulukko 8. Esitys megakarkeuden sallituiksi raja-arvoiksi.*

Päällystetyyppi	Megakarkeuden raja-arvo (mm)
AB, SMA, EA, ABK	0,80
PAB-B, PAB-V, PAB-O	0,70

Mikäli käyttöön otettaisiin edellä mainitut sallitut raja-arvot, olisi tässä tutkimuksessa käsittelyssä mukana olleesta aineistosta rajan ylittänyt taulukon 9 mukaiset osuudet. Keskimäärin näillä raja-arvoilla ylityksiä on noin 3 %. Mikäli megakarkeusarvo otetaan laaduntarkastuksessa käyttöön, on nämä raja-arvot syytä tarkistaa vuoden kuluttua saatujen kokemusten perusteella.

Edellämainittujen raja-arvojen ylityksistä on syytä määrätä arvonalennusta palvelutason alenemisen perusteella. Ajoepämukavuuden lisääntyminen ei kasva kuitenkaan kovin nopeasti megakarkeusarvon suurentuessa, joten arvonalennusportaikko kannattaa tehdä melko loivaksi. Esitys mahdollisesta arvonalennusportaita on esitetty taulukossa 10.

*Taulukko 9. Esitettyjen megakarkeuden raja-arvojen ylitykset mitatulla 1994-1995 aineistolla.*

Päällystetyyppi	Raja-arvo (mm)	Ylitykset (%)
AB	0,80 / 0,85	7,3 / 5,3
SMA	0,80 / 0,85	1,4 / 0,3
EA	0,80 / 0,85	11,6 / 6,9
ABK	0,80 / 0,85	4,3 / 1,1
PAB-B	0,70	0
PAB-V	0,70	0
PAB-O	0,70	1,6

*Taulukko 10. Esitys arvonalennusten määrittämiseksi megakarkeuden ylityksestä.*

Vaatusrajan ylitys (mm)	Arvonmuutos-% päällysteen neliöhinnasta
0	0
0,1	-1
0,2	-2
0,3	-3
0,4	-5
0,5	-7
0,6	-10
yli 0,7	-15

Väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti. Mikäli vaatimusrajan ylitys on enemmän kuin 0,7 mm, peritään arvomuutosta kuitenkin enintään 15 %, ellei työ katsota niin huonoksi, että se on tehtävä kokonaan uudelleen tai muulla sopivaksi katsottavalla menetelmällä korjattava. Arvonmuutosasteikko ei ole tätä tiukempi, koska megakarkeuden kuvaama epätasaisuus ei käytännössä alenna päällysteen elinikää ja saattaa joissakin tapauksissa jopa parantua päällysteen normaalin kulumisen ja muun liikenteen aiheuttaman tasoittumisen kautta. Korkea megakarkeusarvo tarkoittaa siis käytännössä ajomukavuuden eli palvelutason alenemista. Megakarkeusarvolla voidaan korvata tähän saakka käytetty poikkeamaindeksi. Päällysteen tasaisuuden arvostelua megakarkeuden osalla sovelletaan 100 metrin jaksolle samoilla periaatteilla kuin IRI4:kin ja aiemmin poikkeamaindeksiä.

Mikäli sovellettaisiin edellämainittuja arvomuutosperusteita (AB:n vaatimusraja 0,80 mm) tämän tutkimuksen aineistoon, muodostuisi arvonalennuksia AB-päällysteelle taulukon 11 mukaisesti. Myös nämä arvomuutosperusteet on tarkistettava vuoden kuluttua saatujen kokemusten perusteella.

Taulukko 11. Esimerkki arvonmuutoksen toteutumisesta 1994-1995 aineistola tarkasteltuna AB-päällystettä.

Vaatimusrajan ylitys (mm)	Arvonmuutos-% päällysteen ne- liöhinnasta	Osuus mitatusta aineistosta (%)
0	0	3,8
0,1	-1	2,1
0,2	-2	0,9
0,3	-3	0,4
0,4	-5	0,1
0,5	-7	0
0,6	-10	0
yli 0,7	-15	0



## 6 KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Sayers, Michael; Gillespie, Thomas; Paterson and Queiroz, Cesar. The International Road Roughness Experiment, Establishing Correlation and a Calibration Standard for Measurements. World Bank Technical Paper number 45. Washington D.C., USA 1986.
2. Sayers, Michael; Gillespie, Thomas and Paterson, William. Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. World Bank Technical Paper number 46. Washington D.C., USA 1986.
3. Paterson, William. Road Deterioration and Maintenance Effect. Models of Planning and Management. World Bank, The Highway Design and Maintenance Standards Series, The John Hopkins University Press Baltimore and London.
4. Laitinen, Vesa; Orama, Reijo; Pellinen, Terhi. PTM-auton tuottamien tunnuslukujen käyttökelpoisuus ja vertailtavuus sekä niiden yhteys laser-mittauksiin (IRI, IRI4, PI / LASER). Valtion teknillinen tutkimuskeskus, tie- geo- ja liikennetekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 136. Espoo, tammikuu 1993.
5. Laitinen, Vesa. PTM-auton mittaaman makrokarkeuden soveltuvuus päällysteen lajittuneisuuden mittaamiseen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 148. Espoo 1993.
6. Laitinen, Vesa & Halonen, Pekka. Teiden tasaisuusmittareiden vertailu. PTM:n, Roadmanin ja Dipstickin laitevertailu sekä epätasaisuuksien vaikutus tierasituksiin. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 167. Espoo 1993.



## **7 LIITELUETTELO**

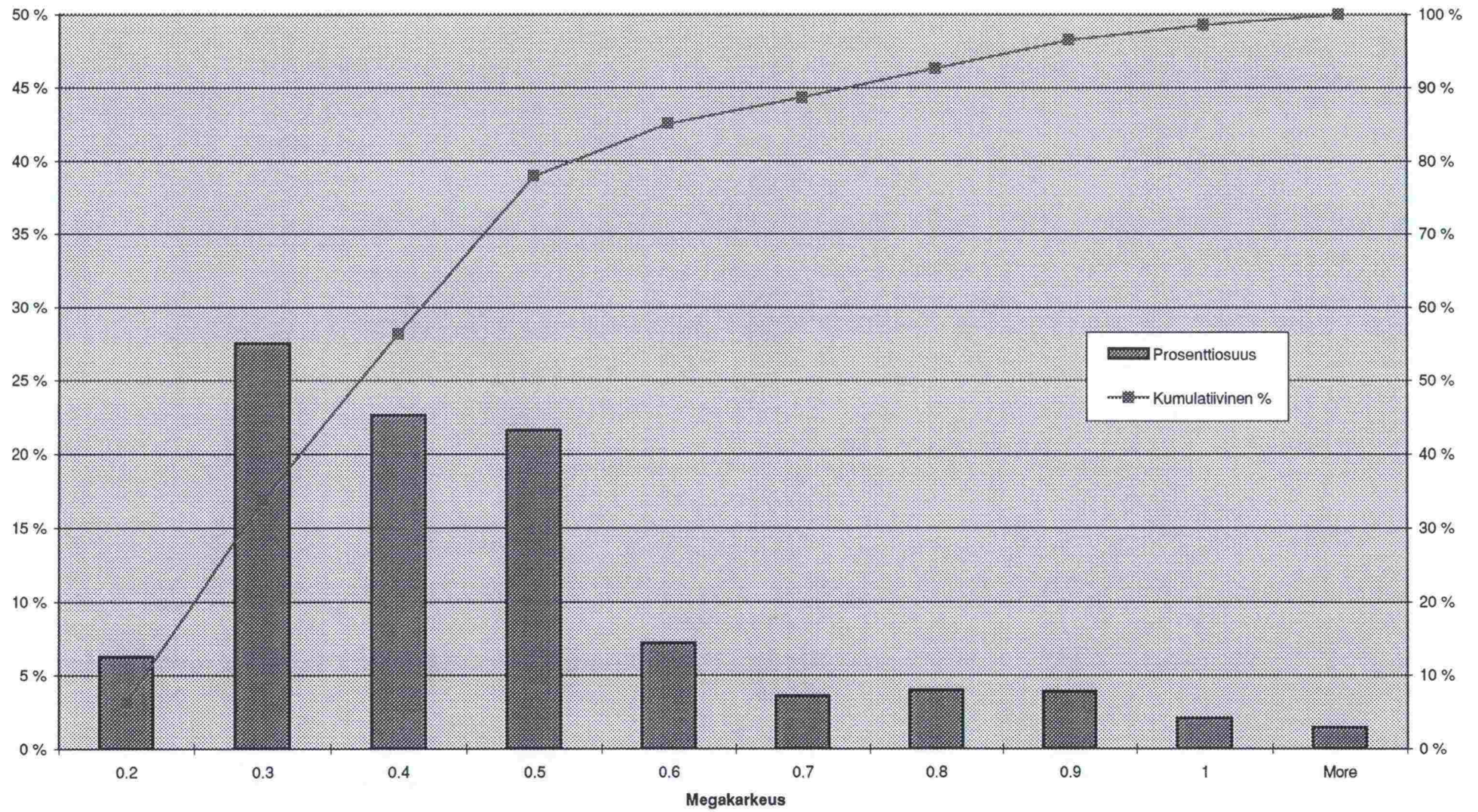
- 1 Mitattujen tasaisuuden eri tunnuslukujen (IRI, IRI4, poikkeamaindeksi ja megakarkeus) keskiarvot ja hajonnat
- 2 Megakarkeusarvojakautumat päällystetyypeittäin
- 3 Ajopaneelin tulokset verrattuna mitattuihin megakarkeusarvoihin

Mitattujen tasaisuuden eri tunnuslukujen (IRI, IRI4, poikkeamaindeksi ja megakarkeus) keskiarvot

	IRI	IRI4	Megakarkeus	Poikkeama- indeksi
<b>PÄÄLLYSTE</b>				
<b>AB</b>				
Keskiarvo	1.3	.8	.42	.6
Minimi	.5	.3	.13	.0
Maksimi	4.2	2.2	1.31	14.2
Keskihajonta	.4	.2	.20	1.1
<b>SMA</b>				
Keskiarvo	1.3	.8	.57	.6
Minimi	.7	.5	.33	.0
Maksimi	3.4	1.6	.90	9.1
Keskihajonta	.3	.1	.10	.8
<b>EA</b>				
Keskiarvo	1.4	1.0	.60	.5
Minimi	.7	.4	.20	.0
Maksimi	3.3	2.3	1.63	20.6
Keskihajonta	.3	.3	.17	1.1
<b>PAB-B</b>				
Keskiarvo	1.7	.9	.34	.9
Minimi	.2	.1	.16	.0
Maksimi	4.8	3.1	.69	14.2
Keskihajonta	.5	.2	.09	1.1
<b>PAB-V</b>				
Keskiaarvo	1.7	1.0	.30	1.4
Minimi	.7	.4	.17	.0
Maksimi	4.9	2.1	.60	19.7
Keskihajonta	.5	.3	.07	1.7
<b>PAB-O</b>				
Keskiarvo	1.9	1.0	.45	1.6
Minimi	.9	.6	.26	.0
Maksimi	5.4	2.1	.81	24.0
Keskihajonta	.6	.2	.12	1.8
<b>ABK</b>				
Keskiarvo	1.8	1.2	.64	3.0
Minimi	1.1	.9	.39	.5
Maksimi	2.3	1.6	.86	8.4
Keskihajonta	.2	.2	.10	1.6

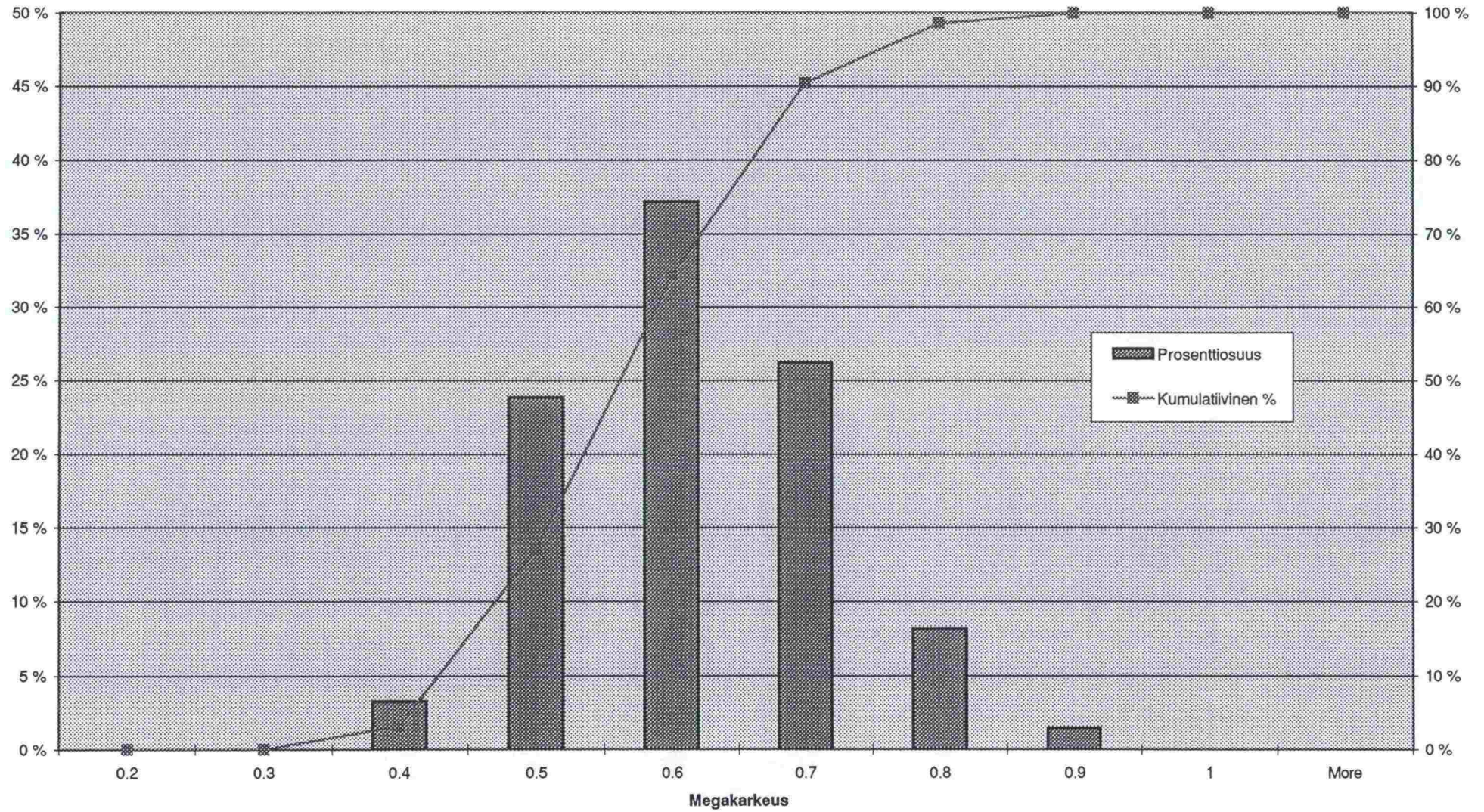


Päälyste: AB



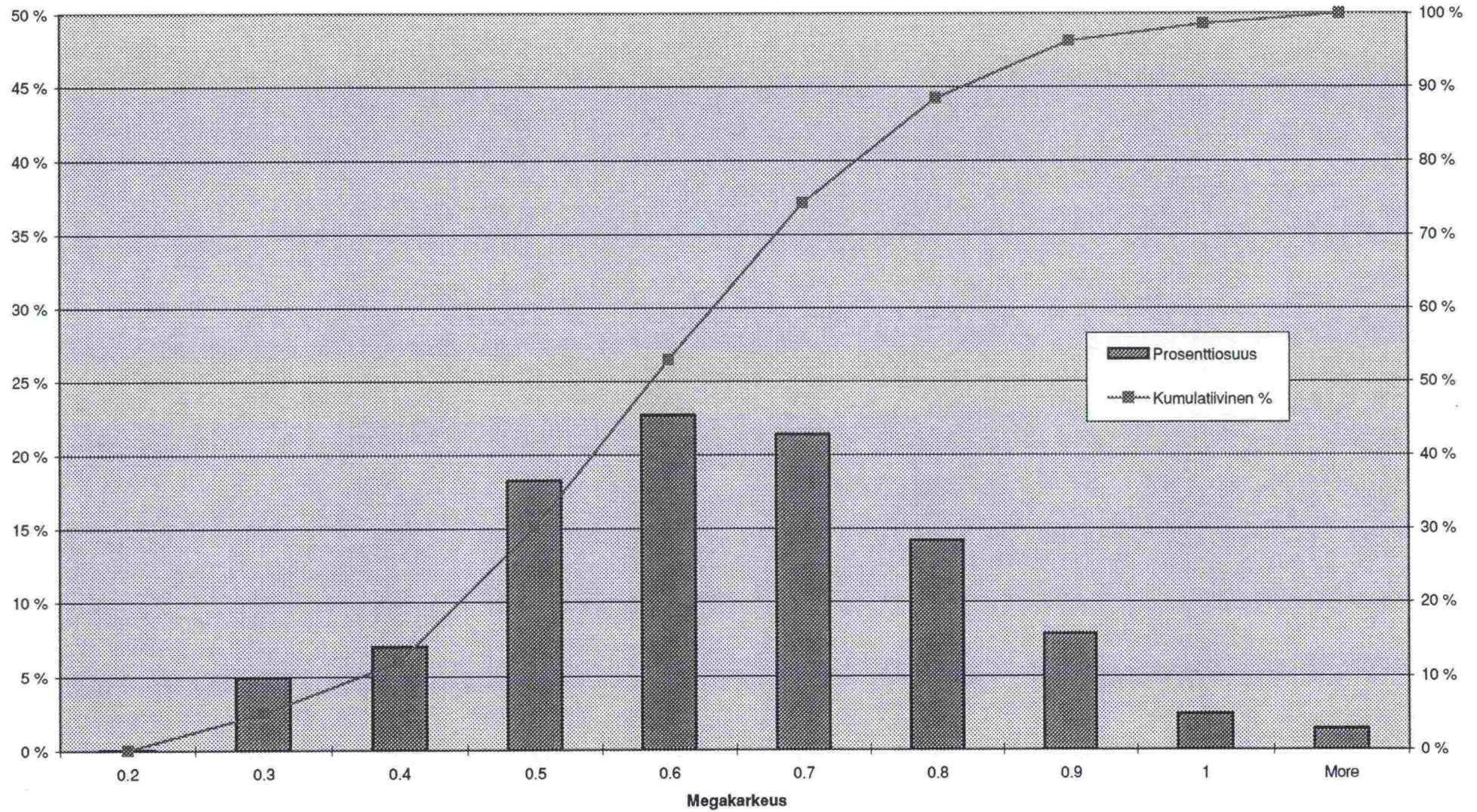


Päällyste: SMA



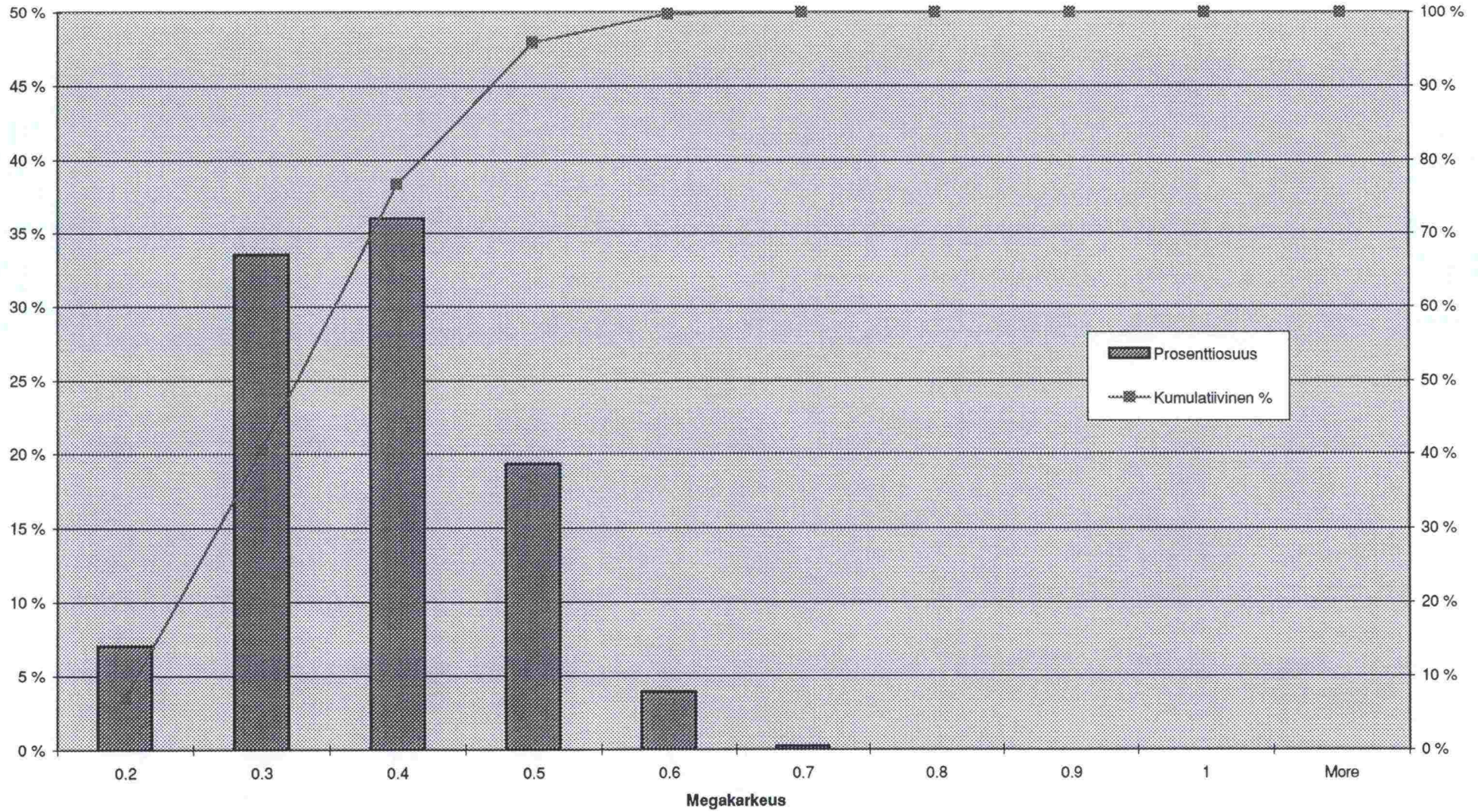


Päällyste: EA



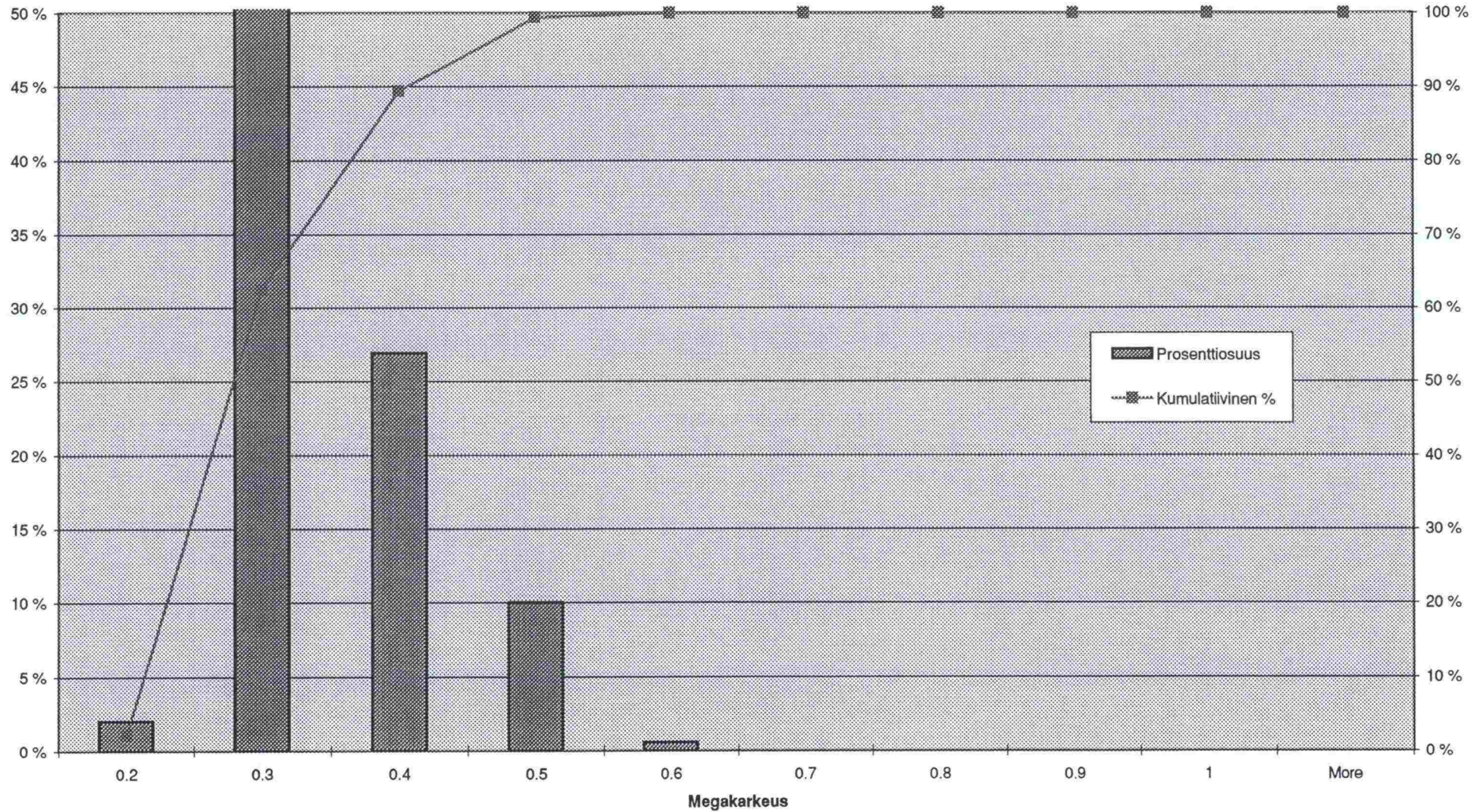


Päällyste: PAB-B



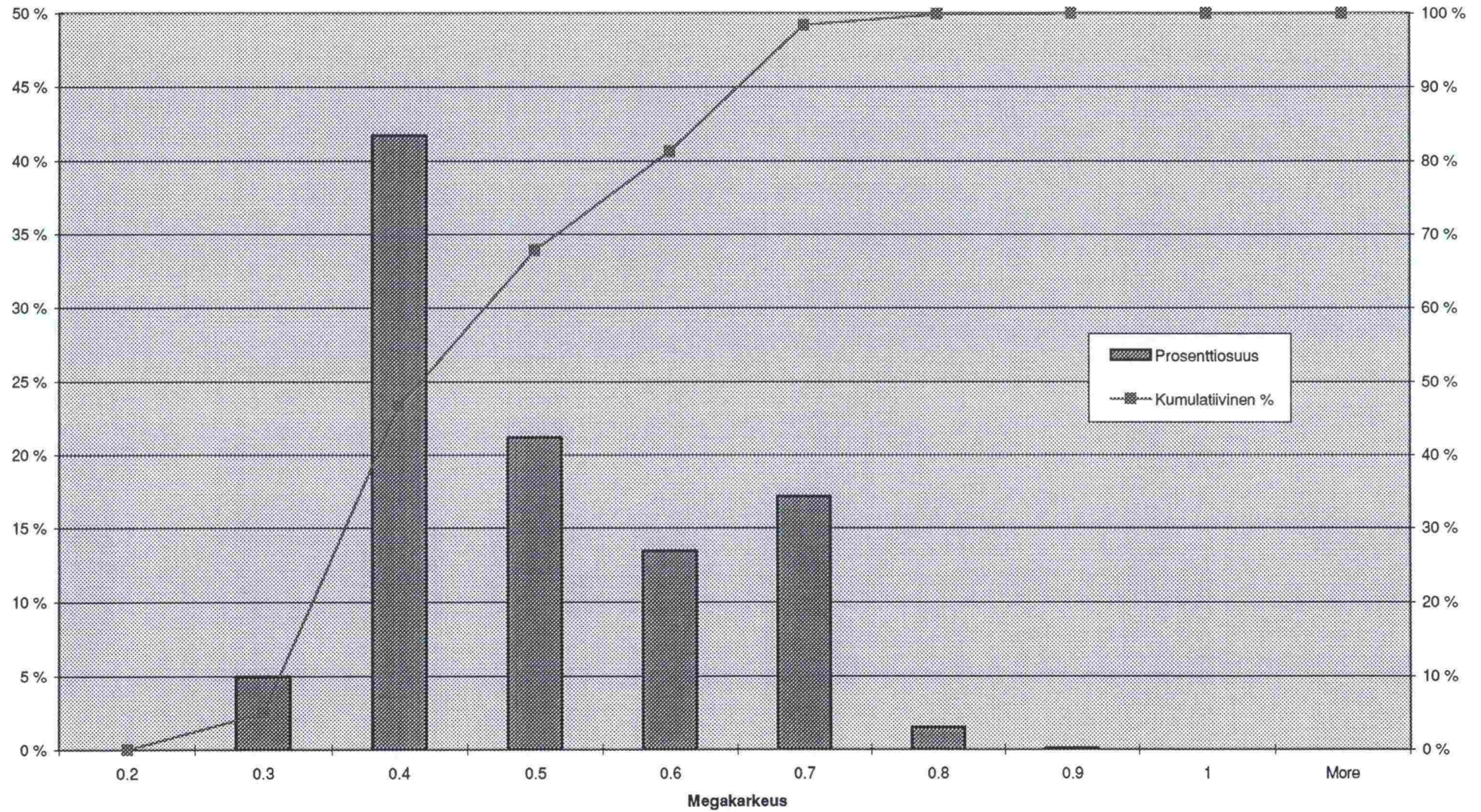


Päällyste: PAB-V



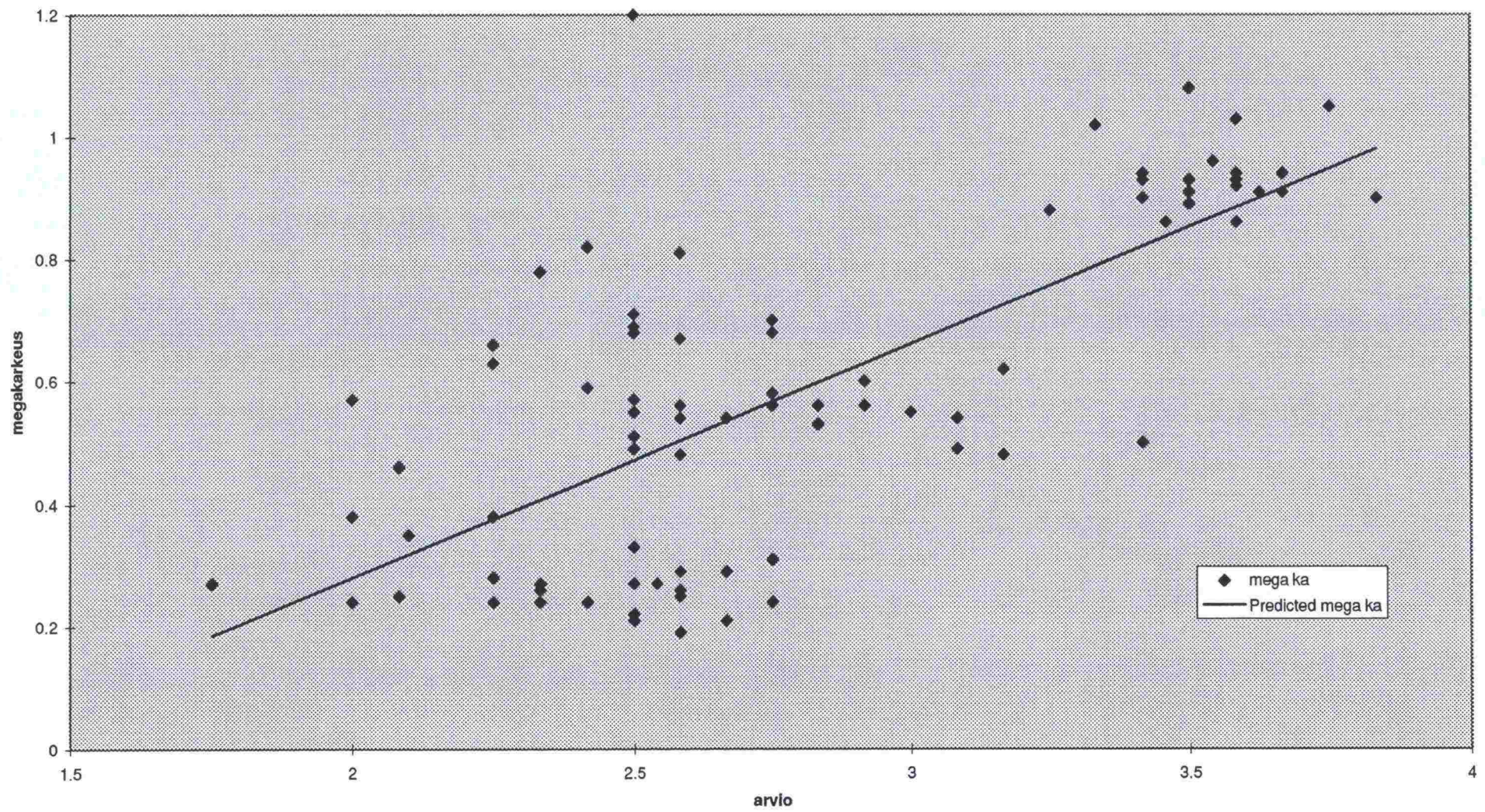


Päällyste: PAB-O





# Ajopaneeli



VTT  
YHDYSKUNTATEKNIikka  
Tie- ja geotekniikka



## TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 67/1995 Teiden ja siltojen kaiteet; Tyypipiirustuskaiteiden muotoitumahdollisuudet ulkonäön ja turvallisuuden kannalta, kaiteiden ja meluesteiden liittäminen penkereeltä sillalle. TIEL 3200343
- 68/1995 Mikkelin ohikulkutien vaikutusten jälkiseuranta. TIEL 3200344
- 69/1995 Asfalttimassan ominaisuuksien parantaminen lentotuhkalla. TIEL 3200345
- 70/1995 Suomalaisten päivittäiset toiminnot ja liikkumistarpeet. TIEL 3200246
- 71/1995 Liikennepolitiikkaa etsimässä. TIEL 3200347
- 72/1995 Tienrakennushankkeen suunnitelmien taloudellisuuden ohjaus. TIEL 3200348
- 73/1995 Polttoaineen hinta ja kotitalouksien autonkäyttö. TIEL 3200349
- 74/1995 Kunnittainen liikenne-ennuste 1995-2020. TIEL 3200350
- 75/1995 Teiden rakentamisen teknologian siirto ja innovaatiot, IV SPRINT Workshop
- 76/1995 Vt 3 väyläarkkitehtuuri. TIEL 3200351
- 77/1995 Liikenteen optimaalinen nopeus - onko sellaista? TIEL 3200352
- 78/1995 Liikennesektorin strateginen suunnittelu Suomessa. TIEL 3200353
- 79/1995 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Tieleikkausten pohjatutkimukset. TIEL 3200354
- 80/1995 Liikennejärjestelmän kehittämisen yhteiskuntataloudellinen perusta.. TIEL 3200355
- 81/1995 Bitumiemulsion murtumisajan määrittäminen. TIEL 3200356
- 82/1995 PAB-V -tutkimukset 1995. TIEL 3200357
- 83/1995 Ympäristö tiepiirin toiminnassa. TIEL 3200358
- 84/1995 Soratien tasaisuuden ja pinnan kiinteyden vaikutukset ajokustannuksiin. TIEL 3200359
- 85/1995 Valo-ohjatun liittymän välityskyky. TIEL 3200360
- 86/1995 Valtatien 4:n Järvenpää-Mäntsälä-välin muuttuvan reittiopastusjärjestelmän vaikutukset. TIEL 3200361
- 87/1995 Moottoriväylien rinnakkaistiet; Esiselvitys alemman tieverkon ominaisuuksista ja suunnitteluperiaateista moottoriväylän liikennekäytävässä. TIEL 3200362
- 88/1995 Remixer-stabilointi. TIEL 3200363
- 89/1995 Lauttapaikkojen palvelutaso. TIEL 3200364
- 90/1995 Lossin ohjausköyttä korvaavat laitteistot. TIEL 3200365
- 91/1995 Heinolan ohikulkutien seuranta tutkimus. TIEL 3200366
- 92/1995 Voidaanko henkilöautoliikennettä vähentää? TIEL 3200367